

## SIMO 시스템에서 간섭경감을 위한 수신 빔포밍 방식에 관한 연구

류관웅, 최성웅, 김혁제, 김청섭  
한국전자통신연구원

Kwryu0730@etri.re.kr

## A Study on Receive Beamforming Method for Interference Reduction in SIMO System

Kwanwoong Ryu, Sung Woong Choi, Hyuk-Je Kim Kim, Chung-Sup Kim  
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI).

## 요 약

본 논문에서는 SIMO 시스템의 수신기에서 빔포밍을 이용한 MMSE 간섭경감에 관한 연구수행한다. 원하는 신호는 LOS 채널 또는 Rich Scattering 채널을 사용한다고 가정했다. 실험결과는 빔포밍을 사용하지 않는 MRC 방식과 비교한다.

## I. 서 론

빔포밍(beamforming)은 송신 안테나 어레이에서 생성된 빔을 특정한 방향으로 집중하여 전송하는 기술이다[1]. 특히, 빔포밍은 가중치 스케일 팩터를 사용하여 각 송신 안테나를 통해 동일한 심볼을 전송한다. 수신기에서는 수신 배열 안테나를 이용하여 수신 빔포밍을 수행할 수 있다. 수신 빔포밍은 전파의 수신을 특정 방향으로 집중시켜 특정 방향으로 들어오는 수신 신호의 감도를 증가시킬 수 있다. 또한 방향탐지, 간섭제거 알고리즘을 통해 간섭원이 들어오는 방향을 추정하고 간섭신호를 경감할 수 있다. 본 논문에서는 원하는 신호와 간섭원의 다양한 채널 환경에서 간섭경감정도를 모의 실험을 통해 분석한다.

## II. 시스템 모델

본 논문에서는 시스템 모델은 그림 1 과 같다. 원하는 신호(Desired Signal)의 송수신기는 1xN의 SIMO(Single Input Multiple Output)으로 구성되어 있다고 가정한다. 그리고 원하는 신호사이의 채널은 LOS(Line Of Sight) 채널과 Rich scattering 채널인 두가지를 고려한다. 간섭원과 원하는 신호사이의 LOS 채널만을 가정한다.

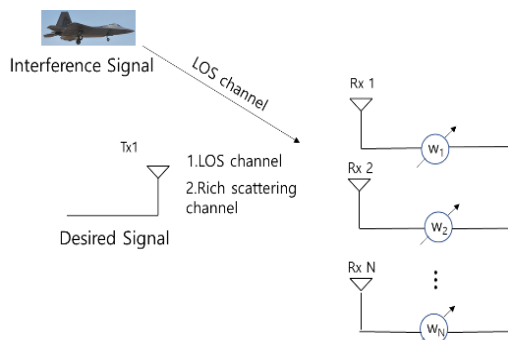


Fig. 1. 시스템 모델

수신기에서는 방향탐지이후 가중치(weight)를 추정하는 MUSIC (Multiple Signal Classification)나 MVDR(Minimum Variance Distortionless Response) 이 아닌 파일럿(pilot)을 통해 빔포밍을 수행하는 MMSE 방식을 사용하여 모의 실험을 진행했다. 파일럿 기반 MMSE(Minimum Mean Square Error)방식은 식(1)과 같이 구할 수 있다[2][3].

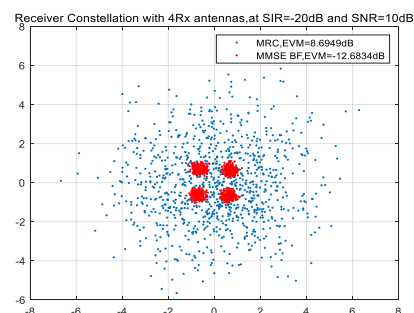
$$\hat{w} = \underset{w}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=0}^{N_p-1} |r_n^* w - p_n|^2$$

$$= \left( \sum_{i=0}^{N_p-1} r_n r_n^* \right)^{-1} \sum_{n=0}^{N_p-1} r_n p_n \quad (1)$$

여기서  $r_n$  은 수신신호,  $p_n$  은 파일럿신호,  $N_p$  은 파일럿의 개수를 나타낸다.

## III. 모의실험 결과

본 논문에서는 모의실험은 1x4 SIMO 시스템에서 파일럿 기반 MMSE 수신알고리즘을 사용하는 경우를 가정한다. 그림 2 는 원하는 신호사이의 채널과 간섭신호 채널 모두 LOS(Line Of Sight)인 경우를 가정한다. 간섭신호는 LOS 채널을 통해 수신안테나들에  $-50^\circ$  의 각도로 수신된다. 또한 원하는 신호와 간섭원의 신호전력의 비 SIR 은  $-20\text{dB}$  로 가정했다.



(a) 수신신호의 정상도

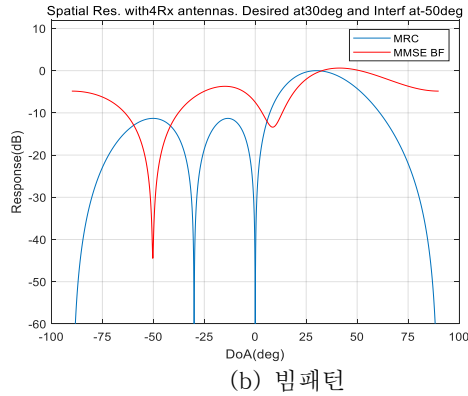
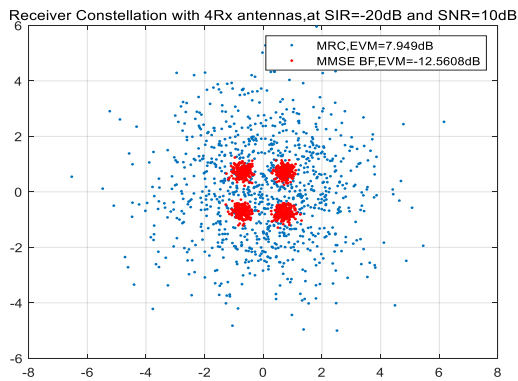


Fig.2. LOS 채널일때 정상도및 빔패턴

그림 2(a)에서 보여주는 것과 같이 빔포밍을 사용하지 않은 MRC(Maximum Ratio Combining)수신기에 비해 MMSE 빔포밍 방식이 현저히 낮은 EVM 을 가지므로 훨씬 우수성능을 가짐을 알 수 있다. 그리고 그림 2(b)에서 보는 것과 같이 MUSIC 나 MVDR 과 같은 방향탐지 알고리즘을 쓰지 않아도 간섭원의 방향으로 빔패턴이 nulling 된다.



(a) 수신신호의 정상도

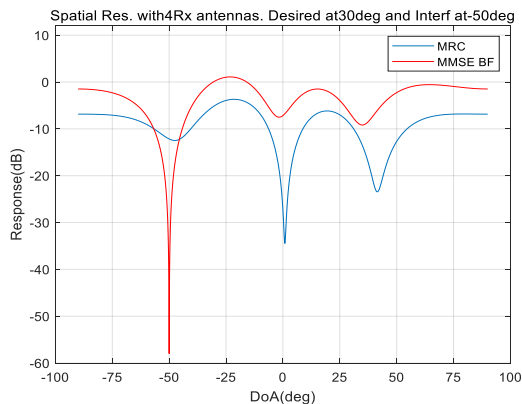


Fig.3. Rich Scattering 채널에서 정상도및 빔패턴

그림 3 에서 보는 것과 같이 Rich Scattering 채널에서도 빔포밍을 하지 않은 MRC 에 비해 우수한 성능을 나타낸다. 그림 3(b)에서 보는 것과 같이 간섭원 신호방향인  $-50^\circ$ 에 대해 빔 nulling 이됨을 알 수 있다.

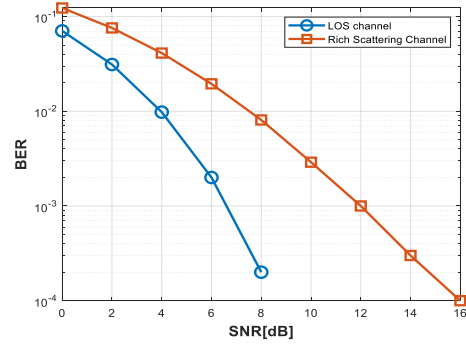


Fig. 4. LOS channel 및 Rich scattering 채널에서 BER 성능

그림 4에서는 원하는 신호의 송수신기 사이의 채널이 LOS 일 때와 Rich scattering일때의 BER성능을 나타낸다. 그림4에서 보는 것과 같이 원하는 신호의 송수신 채널이 LOS이면 Rich scattering일때에 비해 약 5.5dB 성능 향상을 가진다. 그 이유는 원하는 신호를 LOS채널로 전송할 경우 정해진 수신기로 빔방향을 집중할 수 있으므로 수신 SINR이 향상되기 때문이다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 SIMO 시스템의 수신기에서 빔포밍을 이용한 MMSE 간섭경감에 관한 연구수행했다. MMSE 빔포밍을 사용할 경우 LOS 채널 및 Rich Scattering 채널에서도 MRC 에 비해 우수한 성능을 가짐을 알 수 있다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00024, 민군 공유주파수 환경기반 적응형 간섭 저감기술 개발)

#### 참 고 문 헌

- [1] B. D. Van Veen and K. M. Buckley, "Beamforming: A versatile approach to spatial filtering," IEEE ASSP Mag., vol. 5, no. 2, pp. 4-24, Apr. 1988.
- [2] J.Li, and P.Stoica, *Robust Adaptive Beamforming*, Wiley,2006
- [3] D.Ezri and G.Tsodik, "The Impact of Synchronization on Receive Beamforming with Null Steering in OFDM MIMO Systems," In Proceedings of the 2012 IEEE 27th Convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel, Eilat, Israel, 14-17 November 2012; pp. 1-4.